



## Reduktion af dosis ved nedpløjning af gamma-aktive isotoper

Roed, Jørn

*Publication date:*  
1982

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Roed, J. (1982). *Reduktion af dosis ved nedpløjning af gamma-aktive isotoper*. Risø National Laboratory. Risø-M No. 2275

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

RISØ-M-2275

## REDUKTION AF DOSIS VED NEDPLØJNING AF GAMMA-AKTIVE ISOTOPER

Jørn Roed

Abstract. I rapporten diskuteres de metoder, der kan tænkes anvendt for at reducere den dosis, der stammer fra radioaktive isotoper deponeret på et agerbrugsområde.

For at klarlægge den dosisreduktion en pløjning giver, er der foretaget forsøg, hvor en radioaktiv isotop er spredt ud på tre 100 m<sup>2</sup> store landområder og derefter nedpløjet.

Dosishastigheden 1 m over jordoverfladen blev målt før og efter pløjningen, og der blev konstateret en reduktion af dosishastigheden efter pløjning på ca. en faktor 5.

Den tilsvarende reduktionsfaktor for et stort landområde beregnes til at være ca. 3 gange større end for de små områder, der blev anvendt til forsøgene. Dette betyder at dosisreduktionen for et stort landområde kan antages at være . faktor 15.

Den ideelle fordeling af kontaminationen i jordlagene efter pløjningen ville være, at den kontaminerede overfladejord var blevet anbragt i bunden af plovfuren.

(fortsættes næste side)

December 1982

Forsøgsanlæg Risø, DK 4000 Roskilde, Danmark

Fordelingen i forsøgsområderne viser sig at være meget forskellig fra den ideelle fordeling.

Til dosisreducerende jordbehandling anbefales det derfor istedet for en sædvanlig plov, at anvende enten en reolplov eller en plov, der er i stand til at lægge det øverste jordlag dybest i plovfuren, uden at ændre de mellemliggende lags indbyrdes placering.

En sådan plov foreslås udviklet.

INIS-deskriptorer: ATTENUATION; DECONTAMINATION; DOSE RATES; EFFICIENCY; GAMMA RADIATION; SOILS; RADIOISOTOPES; SOILS; SURFACE CONTAMINATION; SURFACE TREATMENTS;

UDC 614.876 : 631.4

ISBN 87-550-0916-6

ISSN 0418-6435

Risø repro 1983

## INDHOLD

	Side
1. FORMÅL .....	5
2. INDLEDNING .....	5
2.1. Alfa-stråling .....	5
2.2. Beta-stråling .....	6
2.3. Gamma-stråling .....	6
3. PLANLÆGNING AF DOSISREDUCERENDE FORANSTALTNINGER ..	7
4. HØSTNING AF AFGRØDER .....	8
5. FJERNELSE AF DET ØVERSTE JORDLAG .....	9
6. PLØJNING .....	11
6.1. Generelt om pløjning .....	11
6.2. Jordbehandlingsforsøgenes formål .....	12
6.3. Jordbehandlingsforsøgenes opbygning .....	12
6.4. Jordbehandling og måling .....	13
6.5. Reduktionsfaktoren for et stort område .....	15
7. AKTIVITETSFORDELINGEN I JORDEN .....	20
8. RESULTATER OG DISKUSSION AF JORDBEHANDLINGSFORSØG .	20
9. PLOVE TIL BEREDSKAB .....	24
10. KONKLUSION .....	25
TAKSIGELSER .....	26
LITTERATUR .....	27
ENGELSK RESUME .....	29

## 1. FORMÅL

I denne rapport skal behandles nogle af de dosisreducerende foranstaltninger, der kan sættes i værk, når et landbrugsområde er blevet kontamineret med radioaktive stoffer.

De reducerende foranstaltninger, der vil blive behandlet i rapporten er sådanne, der kan foretages ved hjælp af mekanisk udstyr, som f.eks. plove, skrabere og høstmaskiner.

For at kunne bestemme den dosisreduktion som en almindelig jordbehandling kan give, er der foretaget forsøg, hvor en radioaktiv isotop er blevet jævnt fordelt over områder, som senere behandles på forskellig måde (pløjning, fræsning og harvning).

På baggrund af forsøgene vil de plovtyper, der vil være bedst egnede til brug for en jordbehandling efter et kontamineringsuheld, blive beskrevet.

## 2. INDLEDNING

De radioaktive stoffers skadelige virkning kan deles op efter de strålingstyper, der udsendes fra dem.

Det bemærkes at adskillige isotoper udsender mere end en strålingstype.

### 2.1. Alfa-stråling

Alfa-aktive isotoper kan give mennesket et dosisbidrag ved indtag med føden eller ved indånding.

Dette kan ske, enten ved at de deponerede alfa-aktive stoffer hvirvles op i luften (resuspension) og indåndes, eller ved at stofferne efter en vandring gennem fødekæderne når mennesket. De radioaktive stoffer kan blive indført i fødekæden, enten ved at afgrøder er blevet direkte kontamineret, eller ved at radioaktive stoffer i jorden optages i væksterne gennem deres rødder.

## 2.2. Beta-stråling

Foruden den ved alfa-aktive stoffer nævnte nærvirkning af radioaktive stoffer, d.v.s. dosisbidraget gennem indånding eller indtag med føden, kan der for beta-aktive stoffer forekomme en fjernvirkning, idet personer, der bevæger sig på den kontaminerede overflade, kan få et direkte strålingsbidrag.

Dette bidrag vil dog normalt være ringe, idet få cm tykt materiale stopper beta-strålingen.

## 2.3. Gamma-stråling

Gamma-aktive stoffer kan ligesom alfa- og beta-aktive stoffer give et dosisbidrag ved nærvirkning, d.v.s. indånding og indtag med føden, men herudover kan gamma-aktive stoffer give et væsentligt bidrag til menneskets dosisbelastning gennem direkte bestråling (fjernvirkning), idet det er langt vanskeligere at skærme for gamma-stråling end for beta-stråling. Der skal således en 1,3 cm tyk jordafskærmning til for at reducere dosis fra hård gamma-stråling (1 MeV) til det halve af den uafskærmede dosis.

### 3. PLANLÆGNING AF DOSISREDUCERENDE FORANSTALTNINGER

Når man planlægger dosisreducerende foranstaltninger, må man være opmærksom på en række forhold: a) hvilke isotoper forureningen består af, b) stoffets kemisk-fysiske egenskaber, det gælder f.eks. deres villighed til at optages i forskellige vækster, c) hvorledes stoffet efter indtag fordeler sig i menneskets organisme, og hvorledes det igen udskilles.

De behandlingsmetoder, man kan forestille sig at tage i anvendelse for at reducere dosis til befolkningen, kan naturligt deles i tre: 1) høstning af afgrøder, 2) afskrabning eller affejning af det øverste jordlag og 3) en "normal" jordbehandling (pløjning m.m.).

Hvilke midler, der skal gribes til, i en given situation er afhængig af: A) hvilken dosisbelastning kontamineringen vil indebære på kort og på langt sigt, dels for befolkningen som helhed, dels for den direkte berørte landbefolkning, B) hvilken dosis oprensningsmandskabet vil få, C) den skade den påtænkte behandling vil kunne medføre i form af nedsat udbytte på den behandlede agerbrugsjord og D) hvor stor en maskinkapacitet og hvor stort et mandskab der kan rådes over, E) tidspunkt for kontaminering i forhold til vækstperioden.

De dosisreduktionsforanstaltninger, der skal tages i anvendelse, må afhænge af de mål, man ønsker at forfølge. F.eks. kan det primære mål være at reducere dosis til den befolkning, der lever og arbejder i det kontaminerede område, eller det kan være et ønske om at forhindre de radioaktive stoffer i at komme til at indgå i fødekæden. De to forskellige målsætninger vil ikke altid pege på de samme midler.

Det tidspunkt, hvor foranstaltningen kan sættes ind med størst effekt, kan ligeledes være afhængig af, hvad man ønsker at opnå. Hvis målet er at reducere dosis til den befolkning, der lever og arbejder på stedet, kan en hurtig indsats være nødvendig. Hvis det primære mål derimod er at hindre, at de radioaktive stoffer

kommer til at indgå i fødekæden, kan en senere behandling være at foretrække, f.eks. fordi dosis til oprensningsmandskabet herved sædvanligvis reduceres.

Hele denne komplekse vurdering vil bedst kunne håndteres gennem en omhyggelig cost-cost vurdering. For at udføre denne, er det nødvendig at sætte en pris på en dosisbelastning, ud fra skøn over hvad den kan forårsage af skader. Det må understreges, som det også bliver af Den Internationale Kommission for Strålingsbeskyttelse, at det i almindelighed ikke vil være rimeligt at tage modforholdsregler i anvendelse i en udstrækning, hvor disse foranstaltningers omkostninger overstiger de omkostninger som en dosisbelastning, svarende til den ved foranstaltningen undgåede belastning, ville give samfundet.

Udtrykt på en mere præcis måde, i analogi til den i økonomien anvendte, vil det kunne betale sig at "producere" en dosisreduktion på en dosisenhed så længe produktionsomkostningerne ikke overstiger den i forvejen antagne pris for dosisenheden.

#### 4. HØSTNING AF AFGRØDER

Hvis markerne står med afgrøder, når forureningsuheldet indtræffer, kan en stor del af det tørdeponerede materiale afsættes på afgrøderne.

Den del af det tørdeponerede materiale, der afsættes på væksterne, er stærkt afhængig af væksternes overflade over jordniveau.

Ved våddeponering er afsætningen foruden af afgrødernes tæthed afhængig af nedbørens form (regn, sne, hagl) og intensitet samt en række andre forhold, f.eks. om planterne er vandmættede før den kontaminerede regn når dem.



Forureningen, der er bundet til afgrøder, kan således udgøre fra praktisk taget hele den deponerede mængde, f.eks. ved tørdeponering på tætte græsmarker, til en meget ringe del, f.eks. når afsætningen er sket ved våddeponering på i forvejen regnmættede vækster.

Hvor stor en del af den samlede deponerede forurening, der kan fjernes ved høstning af den del af afgrøderne, der rager op over jordoverfladen, er naturligvis afhængig af hvor meget af forureningen, der er afsat på "toppene".

En grønthøster vil således efter omstændighederne kunne fjerne fra næsten hele forureningen til blot en beskeden del heraf.

I visse tilfælde kan der være grund til at høste toppene af rodfrugter så tidligt som muligt for at undgå, at det på toppene afsatte materiale translokteres ned til frugterne, hvorimod en høstning af selve rodfrugten godt kan udsættes, idet optaget af f.eks. strontiumisotoper i vækster normalt er betydelig mindre, når forureningen forbliver på jordoverfladen, end når den opblandes i jorden (Milbourn 1959).

## 5. FJERNELSE AF DET ØVERSTE JORDLAG

Ved flere forsøg har afskrabning af kontamineret jord vist sig at være en effektiv dekontamineringsmetode (Menzel 1961 og 62, Owen 1965). Der har i forsøgene været anvendt en række entreprenørmaskiner, bl.a. bulldozere og frontlæssere. Afskrabninger, som fjerner ca. 5 cm jord fra overfladen, resulterer normalt i, at mellem 80 og 90 procent af den radioaktive forurening fjernes. Ved at gentage afskrabningen kan mere end 99 % af den oprindelige forurening fjernes.

På jævn jord er udbyttet større.

Der skal det bemærkes, at de fleste danske marker i en stor del af året henligger som jævne flader, idet det er blevet almindeligt, at harve umiddelbart efter pløjningen.

Gadefejmaskiner med roterende koste (Menzel 1971) viste sig at kunne fjerne næsten 90 % af en overfladekontamination fra en våd jord med et tyndt dække af svingel.

For et stort kontamineret areal vil en affejning nok være udelukket på grund af manglende maskinkapacitet.

Derimod vil der normalt være et stort potentiel af afskrabningsmaskineri.

Det afskrabede materiale kan enten tænkes kørt bort til særlige opbevaringssteder eller placeret i volde eller bunker på marken.

Ved kontamination af store områder vil en bortkørsel af de store mængder jord, det drejer sig om, næppe være en realistisk mulighed.

Henlægges det afskrabede lag i bunker eller volde på marken bør disse volde dækkes af en vandstandsende presenning eller lign., der dækkes med ca. 10 cm ukontamineret jord, som tilsåes med græs. Herved opnår man en afskærmning for den direkte gammastråling samtidig med, at regnen forhindres i at udvaske de radioaktive stoffer, der findes i den kontaminede jord.

Afskrabningsmetodens fordele er: 1) at dekontamineringen er effektiv og rodoptag af forureningen derved forhindres, 2) at det direkte strålingsniveau reduceres samt 3) at man til afskrabningen kan anvende moderne entreprenørmateriel, der kan fungere under næsten alle vejrforhold og ved enhver jordtilstand.

Metodens ulemper kan opgøres som: 1) tidkrævende; det vil tage af størrelsesorden nogle timer pr. td. land at foretage en afskrabning, 2) jordens ydeevne kan blive nedsat, især på jorder med et

tyndt muldlag og 3) de ophobede bunker eller volde vil indskrænke det dyrkbare areal, ligesom de vil kunne besværliggøre markarbejdet.

## 6. PLØJNING

En meget nærliggende dosisreducerende foranstaltning er en nedpløjning af den radioaktive overfladekontaminering.

### 6.1. Generelt om pløjning

En nedpløjning af den radioaktive overfladeforurening vil kunne have to separate dosisreducerende effekter, dels en reduktion i den direkte gammastrålingsniveau over jordoverfladen, dels en reduktion i rodoptagelsen, her er især strontiumisotoperne interessante.

For typiske danske jorde har Andersen (1967B) fundet reduktionsfaktorer for optagelse i afgrøderne på 2 til 5 ved en placering af strontium i 40-45 cm's dybde i forhold til en placering i de øverste 5-10 cm af jordlaget.

Han fandt endvidere at næsten hele indholdet af den strontium der var placeret i 40-50 cm's dybde forblev i denne dybde i de 4 1/2 - 6 1/2 år forsøgene varede.

Andersens resultater er i god overensstemmelse med resultater af andre forsøg (Milbourn 1959, Kachanova 1962), således at det generelt kan siges, at der vil være et mindre rodoptag ved en dyb placering af isotoper end ved en placering i overfladen. Eksperimenter, foretaget i U.S.S.R., har vist en reduktion af fissionsproduktindholdet i afgrøder på omkring en faktor 10 ved en placering i 60-70 cm's dybde i forhold til en placering

i 30 cm's dybde.

Andersen (1967A) har gennem en række pottforsøg med typiske danske jorde vist, at strontiumoptagelsen i afgrøder varierer stærkt efter afgrødens art og jordtype. Rodoptag af cæsium viste sig at være afhængig af lerindholdet, således at et øget lerindhold nedsatte optagelse af Cs-137.

Ud fra Andersens målinger og en lang række målinger på afgrøder har Aarkrog (1979) opstillet modeller, hvorved optaget af Sr og Cs isotoper i vækster kan beregnes ud fra dybdefordeling af isotoperne i jorden.

#### 6.2. Jordbehandlingsforsøgenes formål

Et af de tilbagestående spørgsmål er, hvorledes man ved forskellige former for pløjning m.m. får fordelt det overfladekontaminerede jordlag, samt hvilken effekt den direkte bestråling og rodoptaget, denne fordeling vil have.

For at belyse dette spørgsmål blev der foretaget tre jordbehandlingsforsøg på Risø's forsøgsmarker. Forsøgene skulle vise, hvor meget jorden skærmede for gammastrålingen, samt hvorledes en overfladekontaminering blev fordelt i jorden efter en jordbehandling.

#### 6.3. Jordbehandlingsforsøgenes opbygning

Til forsøgene blev benyttet isotopen rubidium-86, der har en halveringstid på 18,7 dage og en gammafotonenergi på 1,078 Mev/foton.

Rubidium-86 er valgt fordi halveringstiden på den ene side er lang nok til, at de nødvendige målinger kan foretages, inden strålingsniveauet bliver for lavt, og på den anden side så kort, at strålingsniveauet hurtigt når det normale.

Endvidere er gammaenergien fra Rubidium-86 så høj at de reduktionsfaktorer, der findes ud fra forsøgene, er mindre end de reduktionsfaktorer, der kan opnås i en uheldssituation.

Ud fra en anslået fordeling af kontaminationen i de forskellige jordlag efter behandlingen kunne det beregnes, at dæmpningsfaktoren næppe ville blive større end 30, når vi antog en oprindelig jævn kontamination af et cirkulært område på  $100 \text{ m}^2$ .

Da vi af måletekniske grunde ønskede en dosishastighed på mere end  $50 \text{ } \mu\text{R/h}$  efter jordbehandling, måtte overfladekontamineringen altså være ca. 30 gange svarende til eller ca.  $1,5 \text{ mR/h}$ . Dette svarer til en overfladekontaminering på ca.  $2 \text{ mCi/m}^2$ .

Kontamineringen blev udlagt med et apparatur, der med konstant hastighed blev bevæget fra centrum af pletten ud ad en logaritmisk spiral. Apparatet var forsynet med en styret bruseanordning, der pr. tidsenhed afgav en konstant mængde af en vandig rubidium opløsning, svarede til den ønskede overfladekontamination (fig. 1).

Kontaminationen blev udlagt på områder med tre forskellige jordtyper, betegnet med plet I, II og III, således at plet I repræsenterer den letteste jord og plet III den tungeste jord. Hvert område var cirkulært med et areal på ca.  $100 \text{ m}^2$ .

#### 6.4. Jordbehandling og måling

Plet I. Dosishastigheden blev målt 1 m over centrum, derefter blev overfladekontaminationen pløjet ned med en 3-furet 14" plov med rulleskærsforplove, indstillet til normal pløjedybde.

Dosishastigheden blev igen målt efter pløjningen, og der blev nu harvet i 10 cm's dybde med en fjedertandsharve, hvorpå dosishastigheden igen blev målt.

# SPREDEAPPARATUR

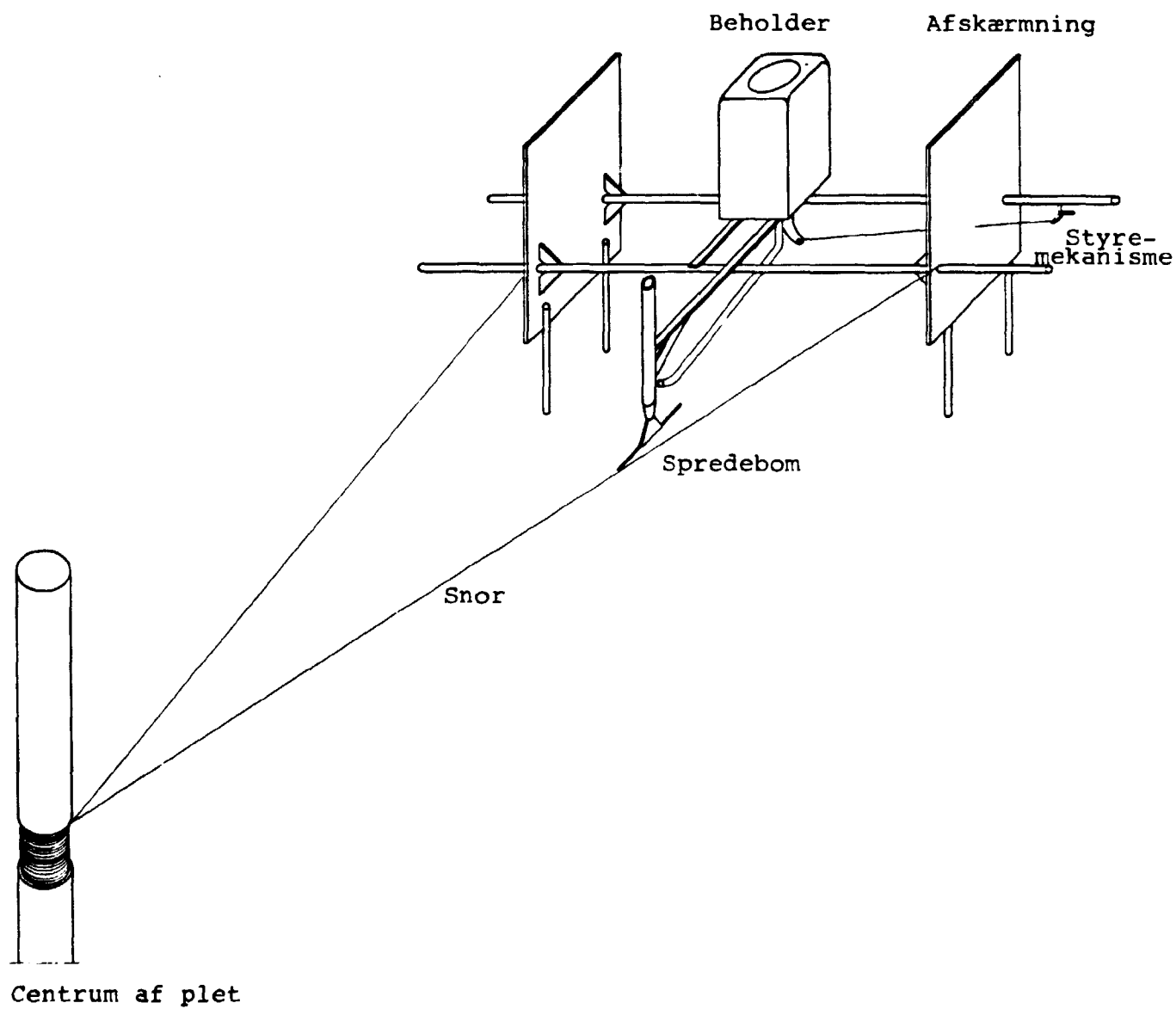


Fig. 1. Apparat anvendt til en jævn spredning af en vandig opløsning af en radioisotop på et cirkulært agerbrugsområde.

Plet II. Efter dosishastighedsmålingen blev der pløjet med ploven stillet i dybeste stilling, hvorpå dosishastigheden igen blev målt.

Området blev så harvet i 10 cm's dybde, og til slut blev dosishastigheden igen målt.

Plet III. Efter at dosishastigheden var blevet målt, blev der pløjet med ploven i normalstilling, ligesom på plet I. Dosis-hastigheden blev derefter målt, inden der blev fræset med en traktorfræser i den for maskinen maksimale arbejdsdybde (20 cm). Til slut blev dosishastigheden målt.

Målingerne er vist tabel 1.

#### 6.5. Reduktionsfaktoren for et stort område

Dosisreduktionen er, foruden af jordbehandlingen, afhængig af gamma-energien, af plettens radius og af jordens sammensætning, tæthed og fugtighed.

Ved lavere gammaenergier vil reduktionen blive større. Udvides det kontaminerede område vil dosisreduktionen ligeledes blive større, idet der mellem detektoren, der er placeret over centrum af pletten, og radioaktivt stof lejret i en bestemt dybde, vil være en tykkere jordskærm, jo længere borte fra centrum det radioaktive stof befinder sig.

Såfremt man vil vurdere dæmpningsfaktoren for et større område ud fra de beskrevne målinger, må der derfor foretages korrektioner.

For at beregne korrektionsfaktoren må man kende jordens sammensætning samt koncentrationsprofilen af det kontaminerende stof ned gennem jordlagene.

**Tabel 1.** Dosisreduktion<sup>2)</sup> efter jordbehandling af et overfladekontamineret<sup>1)</sup> cirkulært agerbrugsområde på ca. 100 m<sup>2</sup> <sup>3)</sup>.

Plet nr.	Jordbehandling	Før pløjning <sup>2</sup> Dosishastighed μR/h	Efter pløjning Dosishastighed μR/h	reduktions- faktor	Efter fræsning Dosishastighed μR/h	reduktions- faktor	Efter harvning Dosishastighed μR/h	reduktions- faktor
I	Pløjning + Harvning	1600	290	5,6			320	5,0
II	Dybdepløjn. + Harvning	1660	200	8,3			220	7,5
III	Pløjning + Fræsning	1620	280	5,8	340	4,8		

1. Kontamineret med isotopen <sup>86</sup>Rb med en gammaenergi på 1,08 MeV.

2. Dosishastigheden er målt 1 m over centrum af pletten.

3. Den gennemsnitlige reduktionsfaktor efter en sædvanlig pløjning er ifølge tabellen 5,7. Korrigeres efter fig. 2 fås for et stort område en reduktionsfaktor på  $5,7 \cdot \frac{7,8}{2,7} = 16,5$ .



I fig. 2 er vist en beregning af reduktionsfaktoren d.v.s. forholdet mellem den oprindelige dosishastighed,  $\dot{D}_0$  og dosishastigheden efter behandlingen  $\dot{D}$ . Reduktionsfaktoren er angivet som funktion af det cirkulære områdes radius. Beregningerne er foretaget under forudsætning af at koncentrationsprofilen ned gennem jorden har facon som en retvinklet trekant med en katete liggende på det højeste ukontaminerede jordlag og den modstående spids i jordoverfladen. Denne profil kan beskrives ved følgende udtryk  $Q(h) = (2 \cdot S_0 \cdot h) \cdot H^{-2}$ , hvor  $Q(h)$  er kontamineringen pr. rumenhed i dybden  $h$  under jordoverfladen,  $S_0$  er den oprindelige overfladekoncentration af isotopen pr. arealenhed, og  $H$  er den største dybde, som kontaminationen når.

I beregningerne, der er foretaget af Hedemann (1979) er energien for gammafotonen sat til 1 MeV og  $H$  til 20 cm.

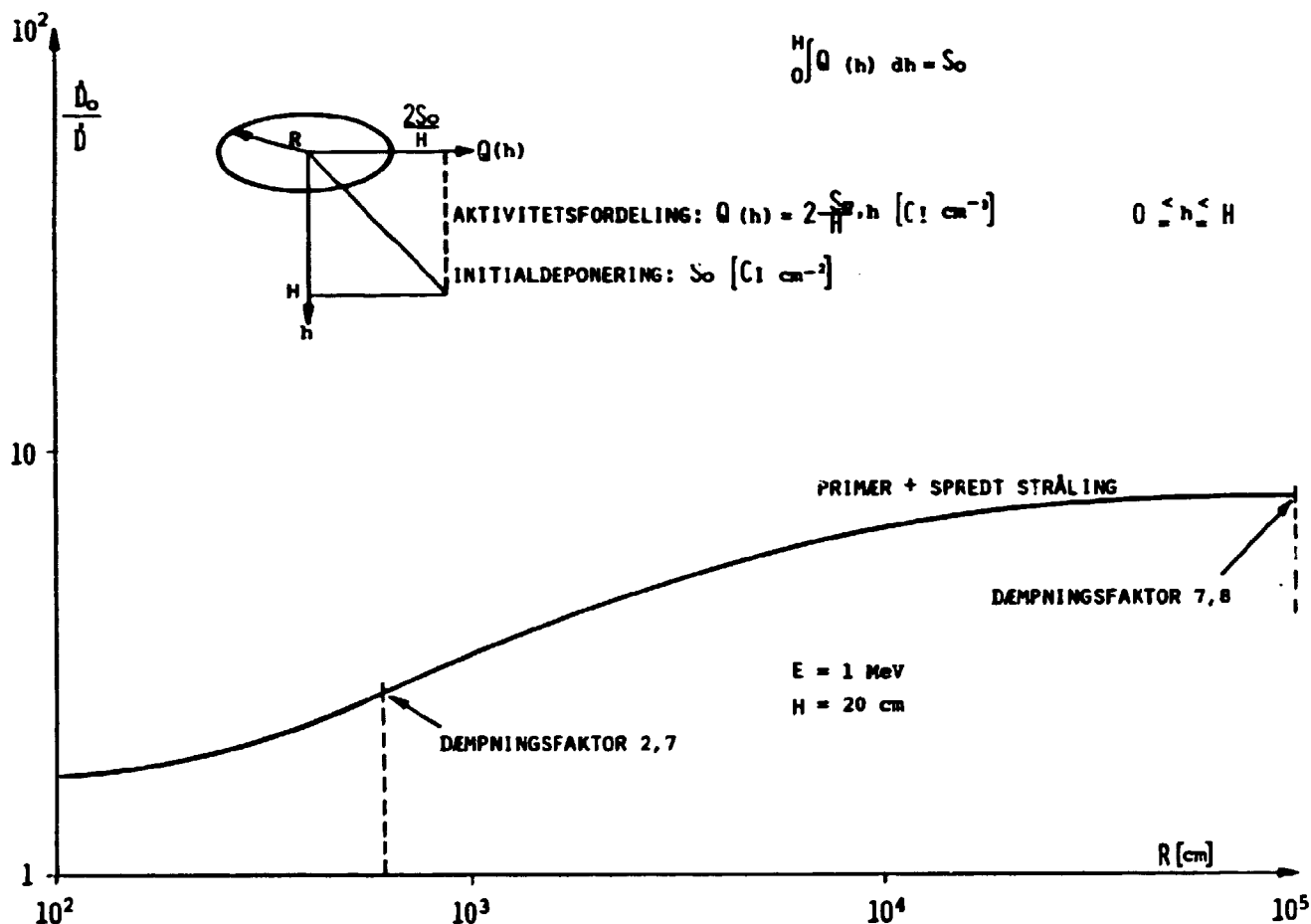
Den valgte beregningsprofil ligner den profil som fremkommer ved pløjning, se fig. 3 og 5.

Af fig. 2 ses at dæmpningsfaktoren beregnet for en plet med radius ca. 6 m er 2,7 og for en plet med radius på mere end 500 m vil dæmpningsfaktoren være vokset til 7,8.

Forholdet mellem en dæmpningsfaktor for en plet med radius 6 m, som i disse forsøg, og den tilsvarende faktor for et stort område ( $r > 500$  m), er således under de angivne forhold  $7,8/2,7 = 2,9$ .

Den beregnede korrektionsfaktor kan med tilnærmelse benyttes til at korrigere den målte dæmpning for en plet med radius 6 m til at gælde for et stort område, idet profilen i det målte lag ligner den profil som er antaget i beregningerne.

# DÆMPNINGSFAKTOREN SOM FUNKTION AF DET KONTAMINEREDE OMRÅDES STØRRELSE



**Fig. 2.** Beregning af dæmpningsfaktoren, d.v.s. forholdet mellem dosis-hastigheden,  $D_0$  før og dosishastigheden,  $D$  efter pløjning.

Dosishastigheden er beregnet 1 m over centrum af et cirkulært område, der er kontamineret jævnt på overfladen med en radioaktiv isotop, der har en gammaenergi på 1 MeV.

Efter pløjning antages det radioaktive materiale at være fordelt således, at koncentrationsprofilen ned gennem jordlaget kan angives ved  $Q(h) = 2 \frac{S_0}{H} \cdot h$ , hvor  $Q(h)$  er koncentrationen af isotopen pr. volumenenhed i dybden  $h$ ,  $S_0$  er den oprindelige overfladekoncentration pr. fladeenhed, og  $H$  er pløjedybden, der er sat til 20 cm.

## 7. AKTIVITETSFORDELINGEN I JORDEN

Efter den sidste jordbehandling af hver plet blev koncentrationen af Rubidium bestemt ved succesivt ned gennem jordlagene, at udtage en vandret kasseformet prøve med længde to gange afstanden mellem plovlegemerne (70 cm), bredde 40 cm og højde 2 cm.

Prøverne blev taget med den lange kassekant på tværs af pløjere-  
retningen for at få et gennemsnit af to plovfures virkning.

Prøverne blev i specielle spande bragt til laboratoriet og målt i en Ge(Li)-detektoropstilling. Fig. 3, 4 og 5 viser koncentrationsfordelingen gennem jordlagene.

## 8. RESULTATER OG DISKUSSION AF JORDBEHANDLINGSFORSØG

Jorden var på forsøgstidspunktet forholdsvis tør. En mere fugtig jord ville have givet en større dæmpning.

Det kan ikke antages at de målte profiler vist på fig. 3, 4 og 5 gælder for hele det kontaminede område. For at bestemme den fuldstændig gennemsnitlig profil med rimelig sikkerhed, måtte der foretages et større antal profilmålinger for hver plet.

Korrektionsfaktoren der omregner dæmpningsfaktoren for det målte begrænset område til et stort område, må tages med forbehold, idet denne faktor er afhængig af koncentrationsprofilen ned gennem den kontaminede jord. I beregningerne af korrektionsfaktoren er forudsat at landskabet er fladt.

PROFIL AF AKTIVITETSFORDELINGEN EFTER EN PLØJNING OG EN HARVNING

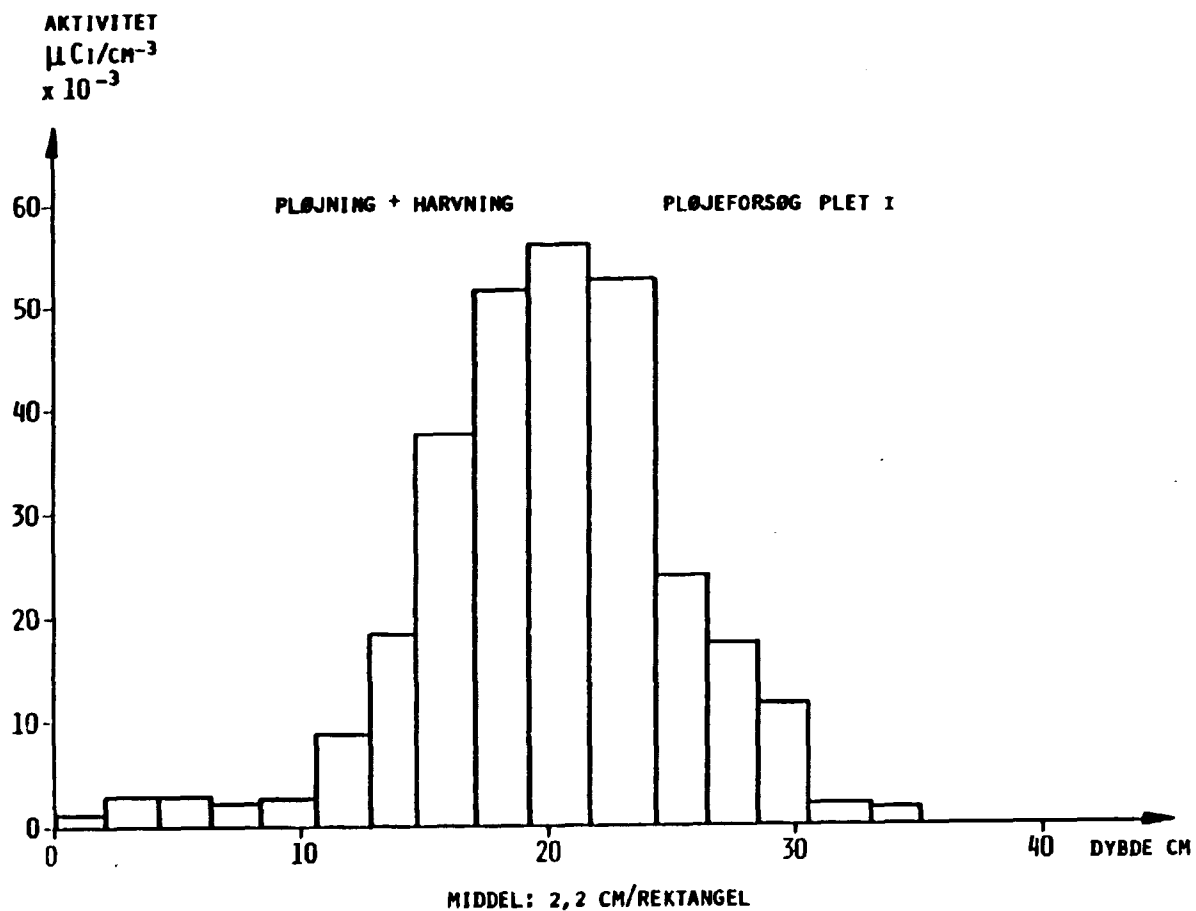


Fig. 3. Fordelingen af den udlagte overfladekontaminering ned gennem jordlagene efter en jordbehandling, der bestod i en pløjning og en efterfølgende harvning.

PROFIL AF AKTIVITETSFORDELINGEN EFTER EN DYBDEPLØJNING OG EN HARVNING

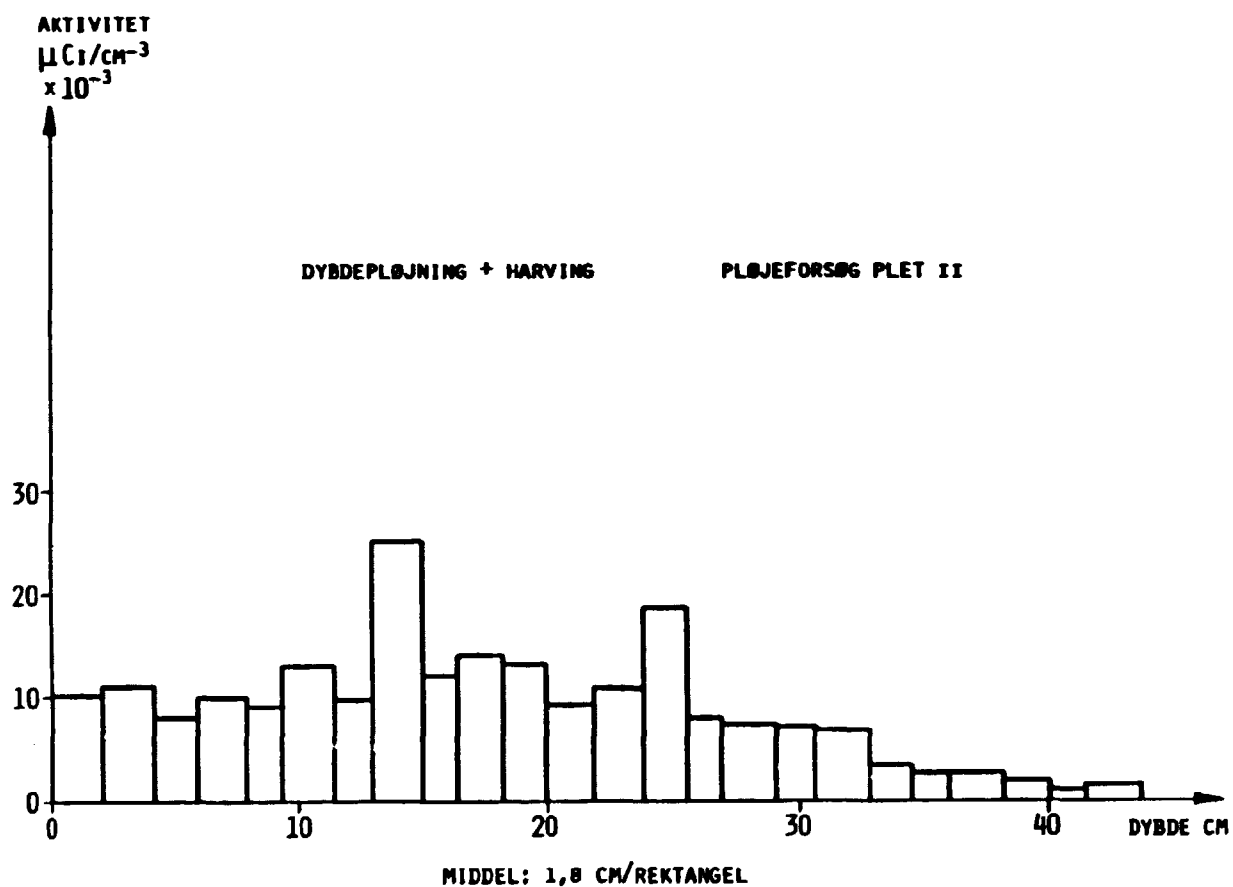


Fig. 4. Fordelingen af den udlagte overfladekontaminering ned gennem jordlagene efter en jordbehandling, der bestod i en pløjning og en efterfølgende harvning.

PROFIL AF AKTIVITETSFORDELINGEN EFTER EN PLØJNING OG EN FRÆSNING

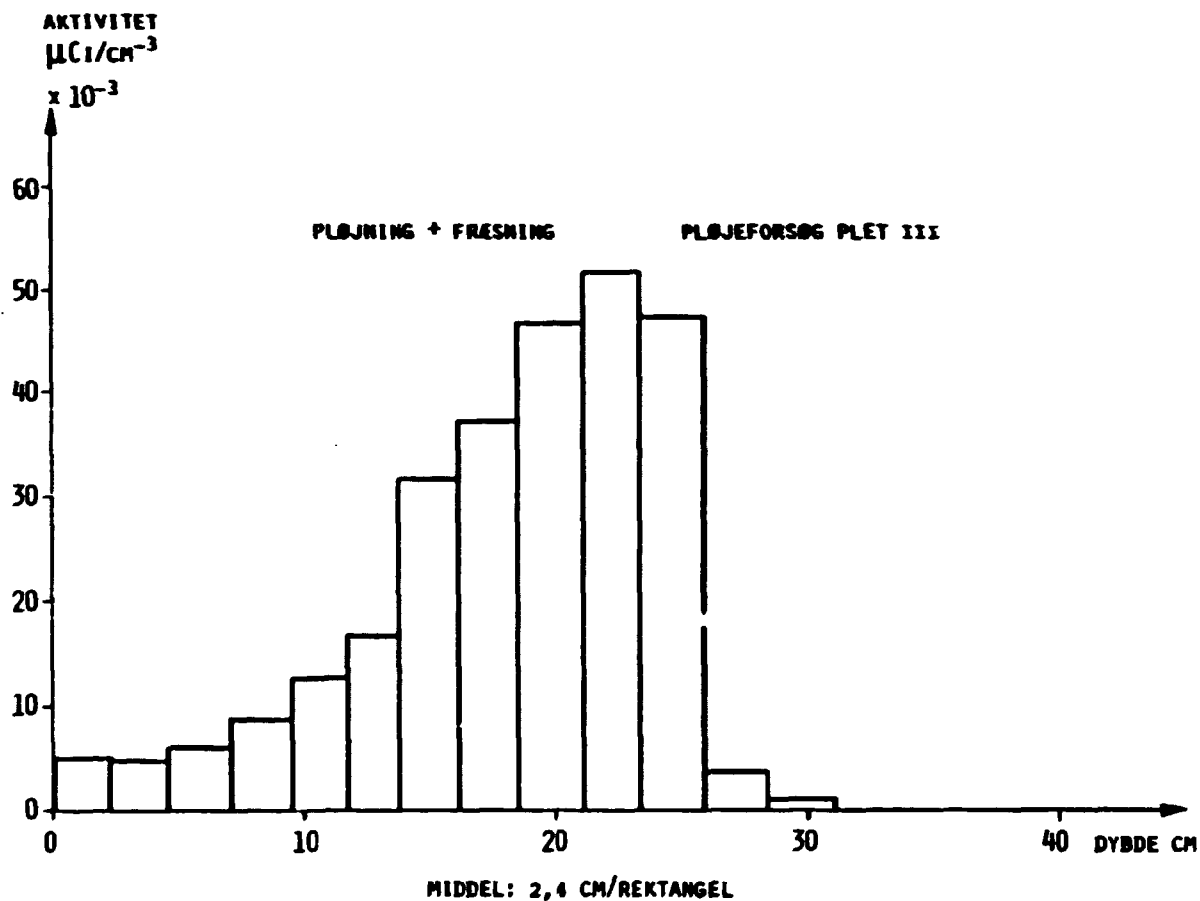


Fig. 5. Fordelingen af den udlagte overfladekontaminering ned gennem jordlagene efter en jordbehandling, der bestod i en pløjning og en efterfølgende fræsning.

Den anvendte plov var en typisk dansk plov. Hvis vi i stedet havde anvendt en specialplov beregnet til dybdepløjning f.eks. en af fabriken Bovlund produceret reolplov, ville opgaven, som ideelt er at placere de øverste 5 cm jord i bunden af plovfuren, formentlig være løst langt mere tilfredsstillende.

Hvis muldlaget på den kontaminerede jord er tyndt, vil en dybdepløjning som placerer en stor part af madjorden i en halv meters dybde og får vendt dårlig jord op til overfladen, give en forringelse af jordens ydeevne.

Det må dog bemærkes at en dybdepløjning på visse jordtyper vil kunne forbedre ydeevne (Menzel 1965).

## 9. PLOVE TIL BEREDSKAB

Til beredskab i uheldssituationer kunne det derfor være nyttigt hurtigt at kunne fremskaffe to typer plove, som kan gå dybt.

Den ene type bør være en almindelig reolplov af Bovlundtypen, der ideelt kan lægge det øverste jordlag ned i ca. 50 cm's dybde og samtidig vende den nederste jord op til overfladen.

Den anden type bør være en konstruktion, der som reolplov-en ideelt lægger de øverste fem cm jord dybest i fugen, men uden at ændre på de andre jordlags indbyrdes forhold, således, at den dybeste jord ikke kommer op til overfladen.

En sådan plov vil forhindre, at dårlig jord fra dybere lag bliver vendt op i madjorden og udbyttet dermed nedsættes. Denne plov-type vil formodentlig kunne udvikles udfra standardelementer i en Bovlund reolplov. Udvikling af en sådan plov er blevet diskuteret med Hedeselskabets fagfolk, og der var enighed om, at den skulle bestå af en skraber, der afskrabede det øverste

jordlag, og lod det falde ned i bunden af en dyb plovfure. Plovens muldfjæl skulle udskæres således, at det meste af jorden passerer igennem det uden at blive vendt.

Ved at pløje med denne plov, på et overfladekontamineret område, ville man opnå, dels en meget effektiv skærmning for gammastråling, dels et reduceret optag af fissionsprodukter f.eks. strontiumisotoper i vækster. Dette ville man, som nævnt, opnå uden at dybereliggende dårlige jordlag ville blive vendt op i madjorden.

Den nødvendige trækraft for ploven ville kunne reduceres i forhold til trækraften for en normal reolplov, der går i samme dybde.

Det kan anbefales at en sådan plov bliver udviklet.

## 10. KONKLUSION

En usædvanlig jordbehandling f.eks. en afskrabning af de øverste jordlag eller en dybdepløjning kan være rimelige midler, at tage i anvendelse for at reducere dosis til mennesker ved et kontaminationsuheld, hvor agerbrugsjord tænkes at være blevet overfladekontamineret.

Forsøg har vist, at en pløjning med en almindelig 14" plov sat i dybeste stilling, kan reducere den direkte stråling med en faktor 5, over centrum af et 100 m<sup>2</sup> stort cikulært område.

Beregninger med udgangspunkt i pløjeforsøgene viser at dosisreduktionen ved pløjning af et stort område bliver af størrelsesordenen en faktor 15.



Den fordeling af de radioaktive stoffer ned gennem lagene, som blev tilstræbt ved den udførte pløjning, nemlig at hovedparten af det kontaminerede materiale blev lagt ned i de nederste 5-10 cm af plovfuren, viste sig ikke at kunne opnås med en almindelig plov.

Det må derfor anbefales, at der til dybdepløjning anvendes en reolplov eller en modificeret reolplov af den type, som rapporten foreslår udviklet.

#### **TAKSIGELSER**

Tak til Per Hedemann Jensen for de foretagne afskrævningsberegninger, til Arna Andersen og Vagner Haahr for deres hjælp med jordbehandlingen, og til Jørgen Lippert for værdifulde diskussioner.

Tak til Per Brøns, Jørgen Rabe, Karen Wie Nielsen, Jytte Clausen, Ib Jacobsen og Sydney Griffin for kvalificeret hjælp under forsøgsgangen.

En særlig tak til Henrik Prip for uvurderlig hjælp under alle faser af arbejdet, samt til ham og Helge Mundt for hjælp med fremstilling af forsøgsudstyret.

## LITTERATUR

- ANDERSEN, A.J. (1967A). Investigations on the Plant Uptake of Fission Products from Contaminated Soils. I. Influence of Plant Species and Soil Types on the Uptake of Radioactive Strontium and Caesium. Risø Report No. 170.
- ANDERSEN, A.J. (1967B). Investigations on the Plant Uptake of Fission Products from Contaminated Soils. II. The Uptake of Radioactive Strontium Placed at Different Depths in the Soils. Risø Report No. 174.
- HEDEMAN JENSEN, P. (1979). Dæmpningsfaktorer for gammastråling fra deponeret aktivitet opnået ved pløjning af jord og asfaltering af veje. (Attenuation factors for gamma radiation from deposited activity obtained by ploughing the soil and applying new asphalt to roads). Risø work report.
- KACHANOVA, G.R. (1962). Sr-90 Uptake from Soil into Plants Grown under Field Conditions (In Russian) Izv. Timiryazev. S. Kh. Akad. 4 105-110.
- MENZEL, R.G. (1962). Decontamination of Soils. Plant Food Review 8 (2) 8-12.
- MENZEL, R.G., ECK, H.V., JAMES, P.E., and WILKINS, D.E. (1968). Reduction of Strontium-85 Uptake in Field Crops by Deep Plowing and Sodium Carbonate Application. Agron. Jour. 60 499-502.
- MENZEL, R.G. and JAMES, P.E. (1961). Removal of Radioactive Fallout from Farm Land. Progress Report No. 1, Agr. Engin. 42 606-607.
- MENZEL, R.G. and JAMES, P.E. (1961). Removal of Radioactive Fallout from Farm Land. Progress Report No. 2, Agr. Engin. 42 698-699.
- MILBOURN, G.M., ELLIS, R.B., and RUSSELL, R.S. (1959). The Absorption of Radioactive Strontium by Plants under Field Conditions in the United Kingdom. Reactor Sci. 10 116-132.

OWEN, W.L., KAWAHARA, F.K., and WILTSHIRE, L.L. (1965). Radiological Reclamation Performance Summary. Vo. I. Performance Test Data Compilation. U.S. Naval Radiological Defence Laboratory USNRDL-TR-967, 124 pp.

AARKROG, Asker (1979). Environmental Studies on Radioecological Sensitivity and Variability with Special Emphasis on the Fallout Nuclides  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$ . Risø Report No. 437.

2275

Risø - M -

Title and author(s)

Dose reduction by ploughing down  
gamma-active isotopes

Jørn Roed

Date  
December 1982

Department or group

Health Physics  
Dept.

Group's own registration  
number(s)

pages + tables + illustrations

Abstract

This report discusses the effectiveness and feasibility of various treatments, especially ploughing, for reducing the doses on farmlands that have been contaminated with radioactive isotopes. Experiments have been conducted where contamination has been spread on three 100 m<sup>2</sup> farmland areas that have subsequently been ploughed with a 14-inch moldboard plough. The reduction factor of the dose rate has been found to be around 5, by measuring the rate 1 m above the surface before and after ploughing. The reduction factor for a large area, on the other hand, is calculated to be 3 times as great, or approximately 15. The purpose of the ploughing procedure was to place the contaminated surface in the bottom of the furrow. However, an investigation of the distribution of the contamination in the vertical direction revealed that this ideal distribution was not at all reached. To produce the desired distribution, and reduce doses through ploughing, it is re-

(continued next page)

Copies to

Available on request from Risø Library, Risø National Laboratory (Risø Bibliotek), Forsøgsanlæg Risø), DK-4000 Roskilde, Denmark  
Telephone: (03) 37 12 12, ext. 2262. Telex: 43116

commended that either a tracher plough or one that is able to place the uppermost layer deepest in the furrow without altering the intermediate layer positions be used. It is suggested that this latter type of plough be developed.